

DISCIPLINA: TRANSFERÊNCIA DE CALOR

PROF. DR. RODRIGO LISITA RIBERA

Aluno: _____ Matrícula: _____

2ª Avaliação – Duração: 5hrs/Aula

TABLE A.1 Thermophysical Properties of Selected Metallic Solids^a

Composition	Melting Point (K)	Properties at 300 K				Properties at Various Temperatures (K)									
		ρ (kg/m ³)	c_p (J/kg · K)	k (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	k (W/m · K)/ c_p (J/kg · K)									
						100	200	400	600	800	1000	1200	1500	2000	2500

TABLE A.4 Thermophysical Properties of Gases at Atmospheric Pressure^a

T (K)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg · K)	$\mu \cdot 10^7$ (N · s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	Pr
Air, $\mathcal{M} = 28.97$ kg/kmol							
100	3.5562	1.032	71.1	2.00	9.34	2.54	0.786
150	2.3364	1.012	103.4	4.426	13.8	5.84	0.758
200	1.7458	1.007	132.5	7.590	18.1	10.3	0.737
250	1.3947	1.006	159.6	11.44	22.3	15.9	0.720
300	1.1614	1.007	184.6	15.89	26.3	22.5	0.707
350	0.9950	1.009	208.2	20.92	30.0	29.9	0.700
400	0.8711	1.014	230.1	26.41	33.8	38.3	0.690
450	0.7740	1.021	250.7	32.39	37.3	47.2	0.686
500	0.6964	1.030	270.1	38.79	40.7	56.7	0.684
550	0.6329	1.040	288.4	45.57	43.9	66.7	0.683

TABLE A.6 Thermophysical Properties of Saturated Water^a

Temperature, T (K)	Pressure, p (bars) ^b	Specic Volume (m ³ /kg)		Heat of Vaporization, h_{fg} (kJ/kg)	Specic Heat (kJ/kg · K)		Viscosity (N · s/m ²)		Thermal Conductivity (W/m · K)		Prandtl Number		Surface Tension, $\sigma_f \cdot 10^3$ (N/m)	Expansion Coef., $\beta_f \cdot 10^6$ (K ⁻¹)	Temperature, T (K)
		$v_f \cdot 10^3$	v_g		$c_{p,f}$	$c_{p,g}$	$\mu_f \cdot 10^6$	$\mu_g \cdot 10^6$	$k_f \cdot 10^3$	$k_g \cdot 10^3$	Pr_f	Pr_g			
273.15	0.00611	1.000	206.3	2502	4.217	1.854	1750	8.02	569	18.2	12.99	0.815	75.5	-68.05	273.15
275	0.00697	1.000	181.7	2497	4.211	1.855	1652	8.09	574	18.3	12.22	0.817	75.3	-32.74	275
280	0.00990	1.000	130.4	2485	4.198	1.858	1422	8.29	582	18.6	10.26	0.825	74.8	46.04	280
285	0.01387	1.000	99.4	2473	4.189	1.861	1225	8.49	590	18.9	8.81	0.833	74.3	114.1	285
290	0.01917	1.001	69.7	2461	4.184	1.864	1080	8.69	598	19.3	7.56	0.841	73.7	174.0	290
295	0.02617	1.002	51.94	2449	4.181	1.868	959	8.89	606	19.5	6.62	0.849	72.7	227.5	295
300	0.03531	1.003	39.13	2438	4.179	1.872	855	9.09	613	19.6	5.83	0.857	71.7	276.1	300
305	0.04712	1.005	29.74	2426	4.178	1.877	769	9.29	620	20.1	5.20	0.865	70.9	320.6	305
310	0.06221	1.007	22.93	2414	4.178	1.882	695	9.49	628	20.4	4.62	0.873	70.0	361.9	310
315	0.08132	1.009	17.82	2402	4.179	1.888	631	9.69	634	20.7	4.16	0.883	69.2	400.4	315
320	0.1053	1.011	13.98	2390	4.180	1.895	577	9.89	640	21.0	3.77	0.894	68.3	436.7	320
325	0.1351	1.013	11.06	2378	4.182	1.903	528	10.09	645	21.3	3.42	0.901	67.5	471.2	325
330	0.1719	1.016	8.82	2366	4.184	1.911	489	10.29	650	21.7	3.15	0.908	66.6	504.0	330
335	0.2167	1.018	7.09	2354	4.186	1.920	453	10.49	656	22.0	2.88	0.916	65.8	535.5	335
340	0.2713	1.021	5.74	2342	4.188	1.930	420	10.69	660	22.3	2.66	0.925	64.9	566.0	340

Aluno: _____ Matrícula: _____

2ª Avaliação – Duração: 5hrs/Aula

B.2 Gaussian Error Function¹

w	$\text{erf } w$	w	$\text{erf } w$	w	$\text{erf } w$
0.00	0.00000	0.36	0.38933	1.04	0.85865
0.02	0.02256	0.38	0.40901	1.08	0.87333
0.04	0.04511	0.40	0.42839	1.12	0.88679
0.06	0.06762	0.44	0.46622	1.16	0.89910
0.08	0.09008	0.48	0.50275	1.20	0.91031
0.10	0.11246	0.52	0.53790	1.30	0.93401
0.12	0.13476	0.56	0.57162	1.40	0.95228
0.14	0.15695	0.60	0.60386	1.50	0.96611
0.16	0.17901	0.64	0.63459	1.60	0.97635
0.18	0.20094	0.68	0.66378	1.70	0.98379
0.20	0.22270	0.72	0.69143	1.80	0.98909
0.22	0.24430	0.76	0.71754	1.90	0.99279
0.24	0.26570	0.80	0.74210	2.00	0.99532
0.26	0.28690	0.84	0.76514	2.20	0.99814
0.28	0.30788	0.88	0.78669	2.40	0.99931
0.30	0.32863	0.92	0.80677	2.60	0.99976
0.32	0.34913	0.96	0.82542	2.80	0.99992
0.34	0.36936	1.00	0.84270	3.00	0.99998

¹The Gaussian error function is defined as

$$\text{erf } w = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^w e^{-v^2} dv$$

The complementary error function is defined as

$$\text{erfc } w \equiv 1 - \text{erf } w$$

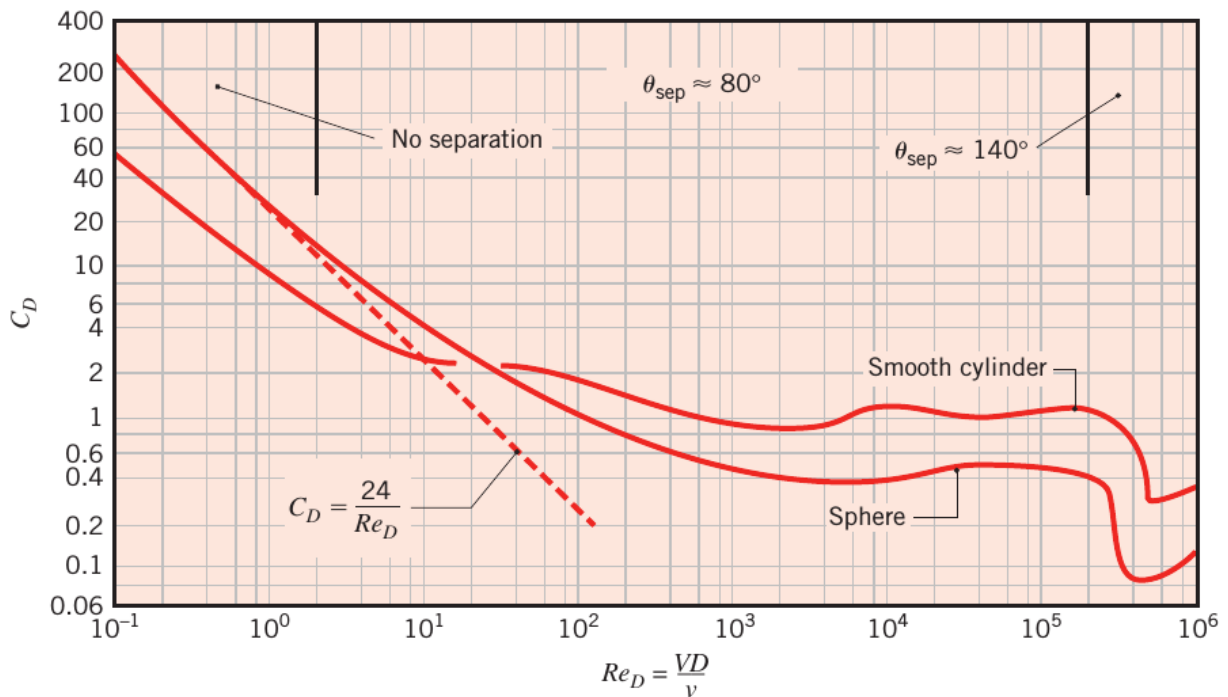


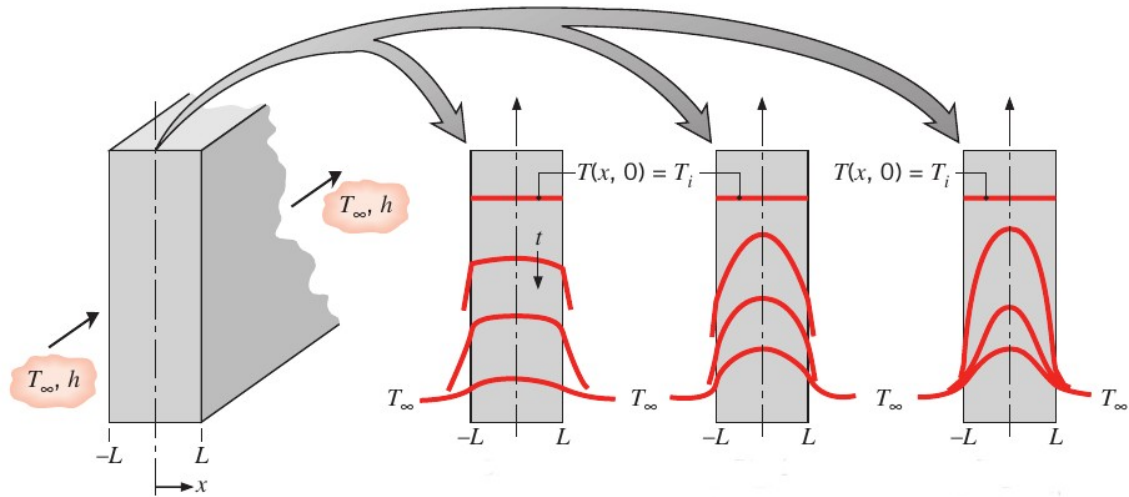
Fig. Coeficiente de arrasto para cilindro circular liso em escoamento cruzado e esfera. Ângulos de separação da camada limite são para o cilindro. (Incropera 7ed, Fig 7.9)

Aluno: _____ Matrícula: _____

2ª Avaliação – Duração: 5hrs/Aula

1ª Questão (1.5 pontos). Considere uma placa plana de espessura $2L$, inicialmente à temperatura T_i uniforme. Ela é colocada num ambiente com temperatura T_∞ e coeficiente de convecção h , conforme mostra a figura. Para o resfriamento uniforme da placa, responda:

- Para qual das imagens o método da capacitância global pode ser utilizado? Porque?
- Qual das imagens possui maior número de Biot?

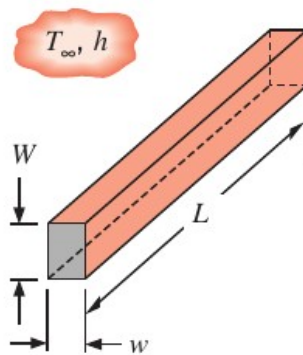


Aluno: _____ Matrícula: _____

2ª Avaliação – Duração: 5hrs/Aula

2ª Questão (1.5 pontos). Para o caso a seguir, determine o comprimento característico apropriado L_c , e o correspondente número de Biot associado à resposta térmica transiente do objeto sólido. Determine se a aproximação pelo método da capacitância global é válida. Avalie as propriedades a $T=300K$.

Uma barra de aço inoxidável AISI 304 longa e quente com área de seção transversal retangular $w=3mm$, $W=5mm$ e $L=100mm$. A barra é sujeita a um fluido refrigerante que fornece coeficiente de transferência de calor $h=15W/m^2.K$ em toda a sua superfície.



DISCIPLINA: TRANSFERÊNCIA DE CALOR
PROF. DR. RODRIGO LISITA RIBERA

Aluno: _____ Matrícula: _____

2ª Avaliação – Duração: 5hrs/Aula

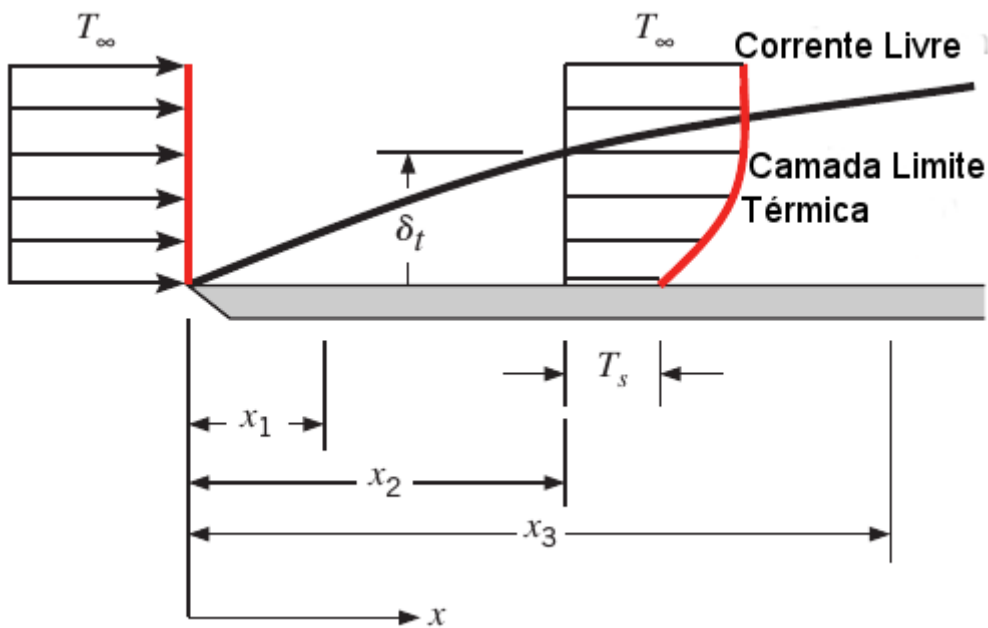
3ª Questão (1.8 pontos). Uma empresa de seguros quer entender melhor as lesões por queimaduras, e lhe contratou como consultor. Eles estão especialmente interessados em lesões induzidas quando uma parte do corpo do trabalhador entra em contato com máquinas que estão a elevadas temperaturas, entre 50 e 100 graus Celsius. O consultor médico da empresa informou que uma lesão térmica irreversível (morte das células) ocorre em qualquer tecido vivo que é mantido à $T \geq 48^\circ\text{C}$ por um tempo $\Delta T \geq 10$ s. A empresa quer informações relacionadas à extensão do dano irreversível no tecido, medida pela profundidade na superfície da pele, em função da temperatura da máquina no momento em que ocorre o contato com a pele. Assuma que a temperatura da pele esteja à temperatura de 37°C e tem propriedades equivalentes à da água líquida. Calcule a profundidade na pele que atingirá 48°C após 10s de exposição à máquina às temperaturas de 50°C e 100°C .

Aluno: _____ Matrícula: _____

2ª Avaliação – Duração: 5hrs/Aula

4ª Questão (1.5 pontos). A distribuição de temperatura numa camada limite térmica laminar associada ao escoamento sobre uma placa plana isotérmica é mostrada na figura. A distribuição de temperatura mostrada está na posição $x=x_2$.

- a) Conforme o perfil de temperaturas mostrado, a placa está sendo aquecida ou resfriada pelo fluido?
- b) Esboce os perfis de temperaturas nas posições $x=x_1$ e $x=x_3$. Com base nos perfis de temperaturas esboçados, em qual das três posições em x o fluxo de calor é maior?



DISCIPLINA: TRANSFERÊNCIA DE CALOR
PROF. DR. RODRIGO LISITA RIBERA

Aluno: _____ Matrícula: _____

2ª Avaliação – Duração: 5hrs/Aula

5ª Questão (1.8 pontos). Em uma aplicação particular envolvendo escoamento de ar sobre uma superfície aquecida, a distribuição de temperatura na camada limite pode ser aproximada pela seguinte equação:

$$\frac{T - T_s}{T_\infty - T_s} = 1 - \exp\left(-Pr \frac{u_\infty y}{\nu}\right), \text{ se}$$

y a distância normal à superfície e $Pr=0,7$. Se $T_\infty=400\text{ K}$, $T_s=300\text{ K}$ e $\frac{u_\infty}{\nu}=5000\text{ m}^{-1}$, qual o fluxo de calor na superfície?

Aluno: _____ Matrícula: _____

2ª Avaliação – Duração: 5hrs/Aula

6ª Questão (1.9 pontos). Considere uma esfera com diâmetro de 20mm e uma temperatura superficial de 60 graus Celsius, imersa em um fluido com temperatura de 30 graus celsius e velocidade de 2,5m/s. Calcule o arrasto e a taxa de transferência de calor quando o fluido é:

- a) água
- b) Ar à pressão atmosférica.
- c) Explique porque o resultado entre os dois fluidos é tão diferente.

Formulas:

$$C_d = \frac{F_d}{A_f \left(\rho \frac{V^2}{2} \right)}, \text{ Af=Área frontal. } Reynolds = \frac{\rho V D}{\mu}, \bar{Nu} = \frac{\bar{h} L}{\kappa}$$

Para o cálculo de Nusselt, utilize a correlação de Whitaker:

$$\bar{Nu}_D = 2 + \left[0,4 Re_D^{1/2} + 0,06 Re_D^{2/3} \right] Pr^{0,4} \left(\frac{\mu}{\mu_s} \right),$$

sendo todas as propriedades avaliadas a T_∞ , exceto μ_s , que é avaliada à temperatura da superfície.